

(18)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 210 392
A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21)

Anmeldenummer: 86107974.7

(51)

Int. Cl.⁴: B 01 D 53/34

(22)

Anmeldetag: 11.06.86

(30)

Priorität: 29.06.85 DE 3523326

(43)

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.02.87 Patentblatt 87/6

(84)

Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

(71)

Anmelder: STEAG AG
Bismarckstrasse 54 Postfach 10 37 62
D-4300 Essen 1(DE)

(72)

Erfinder: Eichholtz, Andreas, Dr.-Ing.
Baas-Braths-Weg 16
D-4350 Recklinghausen(DE)

(72)

Erfinder: Weller, Helmut, Ing. grad.
Hofer Heide 31
D-5620 Velbert 1(DE)

(54)

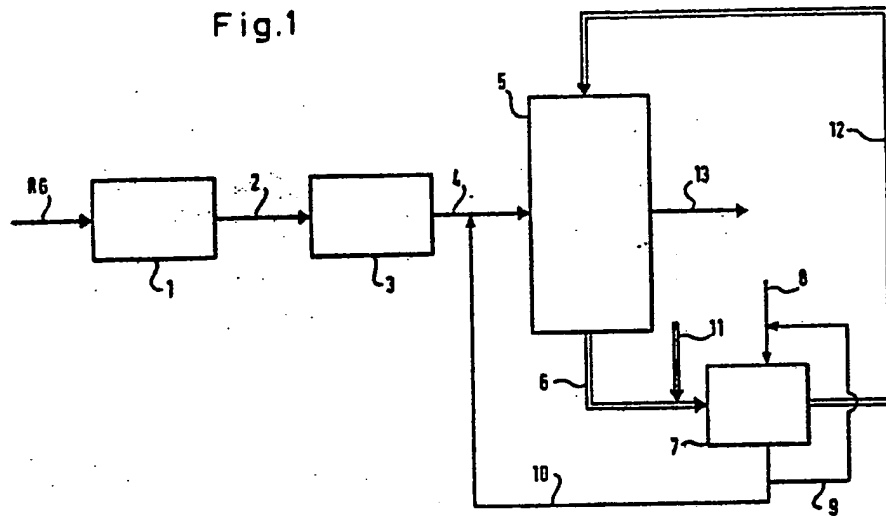
Verfahren zur Abscheidung von NO_x aus Gasen, insbesondere Rauchgasen.

(57)

Bei unserem Verfahren zur Abscheidung von NO_x aus Gasen, insbesondere Rauchgasen, bei dem das NO_x aus dem Rauchgas an einem festen Adsorptionsmittel, insbesondere Aktivkohle/Aktivkoks, unter Zugabe eines Reduktionsmittels, insbesondere Ammoniak, CO, Wasserstoff, katalytisch abgetrennt wird und bei dem das Adsorptionsmittel mehrmals hintereinander mit dem zu entstickenden Gas in Kontakt gebracht wird, ist zur weiteren NO_x-Minderung vorgesehen, daß das Adsorptionsmittel mit zumindest einem Anteil an Reduktionsmittel vorbeladen und danach mit dem zu entstickenden Gasstrom in Berührung gebracht wird.

EP 0 210 392 A2

Fig.1



1 STEAJ Aktiengesellschaft
Bismarckstraße 54

4300 Essen 1

6 Stichwort: Vorbeladung
Az. 805

Verfahren zur Abscheidung von NO_x aus Gasen, insbesondere Rauchgasen

- 10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abscheidung von NO_x aus Abgasen, insbesondere Rauchgasen, der im Oberbegriff des vorstehenden Anspruches 1 genannten Art.
- 15 Unter Rauchgasen werden solche Rauchgase verstanden, die bei der Verbrennung schwefelarmer Brennstoffe entstehen bzw. deren Schwefeldioxidanteile durch eine vorgeschaltete Entschwefelungsanlage basierend auf einem z.B. nassen, halbtrockenen, trockenen Verfahren vermindert werden.
- 20 Als Absorptionsmittel zur Entfernung der Schwefeldioxidanteile kommen dabei z.B. Lösungen bzw. Suspensionen auf Ca-, Mg-, Na-, NH₃-Basis zum Einsatz, wie dies z.B. in W. Kaminsky, Chem. Ing.-Technik 55 (1983), Seite 673 ff beschrieben ist. Neben einer weitgehenden Reduzierung
- 25 der Schwefeloxide wird aber heute eine Minderung des Stickoxidgehaltes in den Rauchgasen gefordert. Ein Verfahren der im Oberbegriff des vorstehenden Anspruches 1 genannten Art ist z.B. aus der DE-OS 29 11 712 bekannt, bei dem in einer Wanderschicht aus kohlenstoffhaltigen Adsorptions-
- 30 mitteln nach dosierter Zugabe von gasförmigen Ammoniak als Reduktionsmittel die Stickstoffoxide katalytisch zu Stickstoff unter Erzeugung von Wasserdampf reduziert werden. Dies Verfahren hat den Nachteil, daß durch die alleinige
- 35 Zugabe des Reduktionsmittels in das Rauchgas vor dem Eintritt desselben in das Adsorptionsmittelbett ein ausreichend hoher Abscheidegrad von größer als 60 % nur dann erreicht wird, wenn das behandelte Abgas einen sehr hohen

- 1 Reduktionsmittelüberschuß bezogen auf den abzuscheidenden Stickstoffoxidgehalt des Abgasstroms aufweist.

- 5 Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren der im Oberbegriff des vorstehenden Anspruches 1 genannten Art anzugeben, bei dem ein hoher Abscheidungsgrad ohne unzulässig hohen Reduktionsmittelüberschuß erreicht wird.

- 10 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale im Kennzeichen des Anspruches 1 gelöst.

- 15 Die Erfindung geht dabei von der Erkenntnis aus, daß die Reaktion zwischen den Stickoxiden und dem Reduktionsmittel an der äußeren und inneren Oberfläche des Adsorptionsmittels abläuft. Durch die erfindungsgemäße Vorbeladung wird erreicht, daß an der äußeren und inneren Reaktionsoberfläche des Feststoffadsorptionsmittels ständig Reduktionsmittel gespeichert wird und für die Reaktion mit den im
- 20 Abgas enthaltenen Stickoxiden zur Verfügung steht. Im Vergleich zu einer Zufuhr des Reduktionsmittels in den Gasstrom vor dessen Inkontaktbringen mit dem Adsorptionsmittel muß das Reduktionsmittel bei Vorbeladung des Adsorptionsmittels nicht erst aus der Gasphase durch Film-
- 25 und/oder Porendiffusion an die innere Reaktionsoberfläche des Adsorptionsmittels gelangen, so daß die Vorbeladung zu einer entsprechenden Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit führt; mithin steht jedem Stickstoffoxid-Molekül, das durch die Poren zur inneren Oberfläche diffundiert,
- 30 sofort ein Molekül des Reduktionsmittels als Reduktionspartner gegenüber. Vorzugsweise erfolgt die Vorbeladung gemäß den Merkmalen des Anspruches 2. Dabei wird eine Führung der beiden Stoffströme im Gegenstrom bevorzugt.
- 35 Der Transport des Adsorptionsmittels kann dabei in Richtung der Schwerkraft erfolgen (Wanderbett) oder z.B. auch durch Fluidisierung über das Reduktionsmittel (z.B. Wirbelrinne)

3

- 1 oder durch mechanische Einbauten innerhalb der Vorbela-
dungsstufe, die die Bewegung auf die Adsorptionsmittel-
schüttung übertragen. Wie bereits erwähnt ist es von Vor-
teil, das erfindungsgemäße Verfahren einer Rauchgasent-
5 schwefelung nachzuschalten. Es ist daher vorgesehen, daß
das beladene Adsorptionsmittel in einen vorentschwefelten
Rauchgasstrom eingebracht wird, der nach der Entschwefelung
auf eine Temperatur von 60 °C - 180 °C vorzugsweise 80 °C
- 180 °C erwärmt wird.
- 10 Eine einfache Verfahrensführung wird erreicht, wenn das
vorbeladene Adsorptionsmittel einem Wanderbettreaktor
zugeführt wird. Dabei wird vorzugsweise an dessen oberem
Ende das vorbeladene Adsorptionsmittel aus der Vorbela-
15 dungsstufe aufgegeben und an dessen unterem Ende abge-
nommen, wobei jeweils geeignete Zufuhr- bzw. Abzugsschleusen
vorgesehen sind. Abrieb und bei Vorschaltung einer Entschwe-
felung evtl. gebildete feste Reaktionsprodukte zwischen
dem Reduktionsmittel und den restlichen Schwefeloxiden
20 werden nach dem Austritt aus dem Reaktor vom Adsorptions-
mittel entfernt (z.B. Absieben, Sichten) um einen Aktivi-
tätsverlust durch Verstopfung der Poren des Feststoff-
adsorptionsmittels zu vermeiden.
- 25 Vorstehend erwähnter Temperaturbereich, bei dem das vorbe-
ladene Adsorptionsmittel in Berührung mit dem zu entstik-
kenden Gasstrom gebracht wird, kann durch Wiederaufheizung
des vorzugsweise entschwefelten Abgases mittels Wärmetau-
scher (regenerativ mit Rohrauchgasen oder mit Fremdenergie)
30 erfolgen. Aus einem Wanderbettreaktor kann das vorbeladene
Adsorptionsmittel auch einem Festbettreaktor aufgegeben
werden. In diesen beiden Fällen ist es möglich, das zu
entstickende Rauchgas und das Reduktionsmittel zwei Adsorp-
tionsmittelreaktoren aufzugeben, die abwechselnd mit Rauch-
35 gas durchströmt bzw. mit dem Reduktionsmittel beladen
werden, wie dies im Anspruch 6 beansprucht ist. Beim Um-

1 schalten des mit Reduktionsmittel vorbeladenen Reaktors
auf Abgas- bzw. Rauchgasbetrieb erfolgt eine Reaktion
des adsorptiv gebundenen Reduktionsmittels mit den Stick-
stoffoxiden des Abgases. Reaktionsprodukte von Schwefeloxi-
5 den mit dem Reduktionsmittel werden durch Austrag einer
Teilmenge des Adsorptionsmittels entfernt und das Adsorp-
tionsmittel wird nach der Regeneration in einen der Behälter
zurückgeführt. Die Regeneration von Feststoffadsorptions-
mitteln ist an sich bekannt.

10

In vielen Fällen reicht es aus, daß zur Vorbeladung das
Reduktionsmittel in Mischung mit einem Verdünnungsgas
verwendet wird.

15 Gemäß Anspruch 8 wird bei der Vorbeladung überschüssiges
Reduktionsmittel dem Abgasstrom vor dessen Kontakt mit
dem vorbeladenen Adsorptionsmittel zugesetzt, d.h. die
Restanteile an Reduktionsmittel, die in der Vorbeladungs-
stufe nicht vom Adsorptionsmittel aufgenommen werden,
20 können aus der Gasphase der Vorbeladungsstufe in das Abgas
vor Eintritt in den Entstickungsreaktor eingemischt werden.
Falls die Entstickung in Wanderbettreaktoren erfolgt,
ist es zweckmäßig, frisches Adsorptionsmittel zum Aus-
gleich des Abriebs dem Adsorptionsmittel bei Vorbeladung
25 zuzusetzen. Im Zusammenhang mit der Reinigung in Wander-
bettreaktoren soll noch darauf hingewiesen werden, daß
die optimale Wanderungsgeschwindigkeit des Adsorptionsmit-
tels durch den Adsorptionsmittelreaktor im wesentlichen
von den Entstickungsparametern (vornehmlich dem Abschei-
30 degrad der Stickoxide) und der Druckverluständerung im
Wanderbett bestimmt wird.

Gemäß Anspruch 10 wird die Vorbeladung des Adsorptionsmit-
tels über die Feststoffverweilzeit des Adsorptionsmit-
35 tels mit dem Reduktionsmittel, die Konzentration des Reduk-
tionsmittels im Beladungsgas und/oder die Temperatur in

1 der Vorbeladungsstufe eingestellt.

Es kann zweckmäßig sein, daß entsprechend dem abzuscheiden-
den Stoffstrom an Stickoxiden gemäß Anspruch 11 verfahren
5 wird, dabei wird jedoch angestrebt, daß ein wesentlicher
Anteil des Reduktionsmittels über die Vorbeladung der
katalytischen Reaktion zugeführt wird. Es wird daher wieder-
um bevorzugt, daß 20 % - 100 % der Vorbeladung zugeführt
werden und nur 80 % - 0 % in das Abgas vor katalytische
10 Reaktion eingeleitet werden, vorzugsweise 50 % - 100 %
bzw. 50 % - 0 %.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß durch die Vor-
beladung des Adsorptionsmittels mit Reduktionsmittel die
15 Reaktionsgeschwindigkeit erhöht und der Gehalt an über-
schüssigem Ammoniak erniedrigt werden kann, wie das nach-
folgende Beispiel zeigt, bei dem der Gehalt an überschüs-
sigem Ammoniak in gereinigtem Gas $6,0 \text{ mg/m}^3_{\text{n}}$ gegenüber
dem Reduktionsmittelüberschuß bei der bekannten Verfahrens-
20 führung in Höhe von ca. $30 \text{ mg/m}^3_{\text{n}}$.

Die Erfindung soll nun anhand der beigefügten Figuren
und in einem Beispiel näher beschrieben werden. Es zeigt:

25 Figur 1 eine Darstellung des Verfahrensschemas für NO_x -Ab-
scheidung in einem Wanderschichtreaktor bei vorheriger
 SO_2 -Abscheidung,

Figur 2 eine schematische Darstellung der Vorbeladungs-
stufe zur Vorbeladung des Adsorptionsmittels mit Reduk-
tionsmittel, wie sie bei der Ausführungsform gemäß Figur 1
30 zum Einsatz kommen kann und

Figur 3 eine schematische Darstellung der Verfahrensfüh-
rung, bei der zwei Reaktoren jeweils abwechselnd mit dem
Reduktionsmittel beladen und anschließend vom zu entstik-
kenden Abgas durchstromt werden. Gemäß Figur 1 wird Rauch-
gas RG einer Entschwefelungsanlage 1, die auf einem trocke-
35 nen, halbtrockenen oder nassen Entschwefelungsverfahren

1 basiert, entschwefelt. Beispiele für Entschwefelungsverfahren sind in der Beschreibungseinleitung angegeben. Das
entschwefelte Gas wird über eine Rohrleitung 2 einem Wär-
metauscher 3 zugeführt, um es auf die Eintrittstemperatur
5 des Reaktors im Bereich von 60 °C - 180 °C zu erwärmen.
Die Notwendigkeit einer Erwärmung und die Erwärmungstem-
peraturdifferenz hängt von dem vorgeschalteten Entschwe-
felungsverfahren ab. Über eine Leitung 4 wird das erwärmte
und entschwefelte Rauchgas einem Adsorptionsmittelreaktor
10 zugeführt, der vorzugsweise mit einem kohlestoffhaltigen
Feststoff-Adsorptionsmittel gefüllt ist. Gemäß Figur 1
ist der Adsorptionsmittelreaktor ein Wanderbettreaktor,
wobei abgezogenes Adsorptionsmittel nach bekannten Ver-
fahren von Abrieb und evtl. Reaktionsprodukten der Rauch-
15 gasentschwefelung gereinigt wird. Über eine Leitung 6
wird das Adsorptionsmittel in eine Vorbeladungsstufe 7
eingeführt. In diese Vorbeladungsstufe wird über eine
Leitung 8 entweder reines Reduktionsmittel, z.B. Ammoniak
oder eine Mischung aus Reduktionsmittel mit einem Verdün-
20 nungsgas eingeführt, wobei das Adsorptionsmittel beträcht-
liche Mengen des Reduktionsmittels an seiner inneren Ober-
fläche speichert. Über eine Leitung 9 wird das Reduktions-
mittel im Kreislauf geführt und über eine Leitung 10 wird
überschüssiges Reduktionsmittel in die Leitung 4 einge-
25 speist, d.h. in die Gasphase vor dem NO_x-Abscheidereak-
tor 5 eingemischt. Über eine Leitung 11 wird frisches
Adsorptionsmittel zugeführt, das den hinter Reaktoraustritt
- in nicht gezeigter bekannter Weise - entfernten Abrieb
ersetzt und in der Vorbeladungsstufe 7 zusammen mit dem
30 aus dem Reaktor 5 abgezogenen Adsorptionsmittel mit dem
Reduktionsmittel beladen wird. Die Zufuhr des insgesamt
vorbeladenen Adsorptionsmittels aus der Vorbeladungsstu-
fe 7 zur NO_x-Abscheidestufe des Reaktors erfolgt über
eine Leitung 12. Aus dem Reaktor 5 wird das entstickte
35 Reingas über eine Leitung 13 abgezogen. Somit steht im

- 1 Reaktor die für die NO_x -Abscheidung erforderlich Redukti-
onsmittelmenge zur Verfügung, wobei je nach Behandlung
des Adsorptionsmittels mit Reduktionsmittel NO_x -Abscheide-
grade zwischen 20 % - 95 % eingestellt werden können,
- 5 wobei zugleich unzulässig hohe Konzentrationen von Reduk-
tionsmittel im Abgas in der Leitung 13 vermieden werden.

In der Figur 2 ist eine bevorzugte Ausführungsform für
die Vorbeladungsstufe 7 dargestellt. Die Vorbeladung des
10 über Leitung 6 herangeführten Adsorptionsmittels mit Reduk-
tionsmittel erfolgte bei dem gezeigten Beispiel in einem
Wanderschichtreaktor 7, in dessen oberem Teil das Adsorp-
tionsmittel aus der NO_x -Abscheidestufe 5 über eine gasdichte
Schleuse 14 zugeführt wird und während der Wanderung durch
15 den Reaktor 7 mit dem Reduktionsmittel 8 im Gegenstrom
beladen wird. Oberhalb eines gasdurchlässigen schräggestell-
ten Verteilerbodens 15 wird vorbeladenes Adsorptionsmittel
über eine gasdichte Schleuse 16 abgezogen und über Lei-
tung 12 dem Adsorptionsmittelreaktor 5 zugeführt, z.B.
20 pneumatisch oder mechanisch über ein Becherwerk. Über
die Leitung 11 wird frisches Adsorptionsmittel zugegeben,
das den Abrieb in der NO_x -Abscheidestufe 5 ersetzt. Das
Reduktionsmittel wird über ein Gebläse 17 und die Leitung 8
dem Hohlraum unter dem gasdurchlässigen Verteilerboden 3
25 zugeführt, der für eine gleichmäßige Verteilung des Reduk-
tionsmittels über das Adsorptionsmittelwanderbett 7 sorgt.
Am Kopf der Vorbeladungsstufe 7 wird über Leitung 9 ein
geringer Anteil an Reduktionsmittel abgezogen. Ein Teilstrom
des so abgezogenen Reduktionsmittelüberschusses kann über
30 Leitung 10 in die Gasphase vor dem Adsorptionsmittelre-
aktor 5 eingemischt werden. Der für die jeweilige NO_x -
Abscheidung erforderliche Reduktionsmittelbedarf wird
in gezeigter Weise über Leitung 8 eingebracht, in die
das Gebläse 17 eingeschaltet ist. Wobei - wie bereits
35 erwähnt - über Leitungen 8 und 9 das Beladungskreis im
Kreislauf geführt werden kann.

1 Bei der Ausführungsform gemäß Figur 3 sind zwei Adsorp-
tionsmittelreaktoren 5a und 5b vorgesehen, welche als
Festbett- oder Wanderbettreaktoren betrieben werden können.
Diese werden vom Rauchgas im Gegen- oder Gleichstrom,
5 vorzugsweise Kreuzstrom beaufschlagt. Vor Beaufschlagung
des Reaktors 5a mit zu reinigendem Rauchgas wird über
die Zuleitung 8 bei geöffneten Ventilen 17 und 18 bzw.
geschlossenen Ventilen 19 und 20 das Reduktionsmittel
bzw. Reduktionsmittel-Verdünnungsgas-Gemisch durch den
10 Reaktor 5a geleitet. Die Anteile am Reduktionsmittel,
die nicht von dem Adsorptionsmittel aufgenommen werden,
können über die Leitung 9a im Kreislauf gefahren werden
oder über die Leitung 10a, 10 in das Rauchgas eingemischt
werden. Sobald das Adsorptionsmittel im Reaktor 5a in
16 der gewünschten Weise mit Reduktionsmittel beladen ist,
wird das Rauchgas bei geöffnetem Absperrorgan 4a' - bzw.
geschlossenem Absperrorgan 4b' - durch den Reaktor 5a
geleitet und verläßt diesen von Stickoxiden gereinigt
über Leitung 13a.
20

Reaktor 5b wird - während der Beaufschlagung des Reaktors 5a
mit Rauchgas - bei geöffneten Ventilen 19 und 20 und ge-
schlossenen Ventilen 17 und 18 in der vorstehend beschrie-
benen Weise mit Reduktionsmittel unter Kreislauf über
25 Leitung 9b beaufschlagt.

Sobald der Stickoxidanteil im Rauchgas hinter Reaktor 5a
nicht mehr unterhalb der geforderten Konzentrationsgrenze
30 liegt, wird das Rauchgas bei geschlossenem Absperrorgan 4a'
- bzw. geöffnetem Absperrorgan 4b' - durch den Reaktor 5b
geleitet. Reaktor 5a wird jetzt analog der im Zusammenhang
mit dem Reaktor 5b beschriebenen Betriebsweise mit Reduk-
tionsmittel beaufschlagt. Die Reaktoren 5a und 5b werden
35 somit wechselweise für die Stickoxidabscheidung einge-
setzt. Die Vorbeladung des Adsorptionsmittels mit dem

- 1 Reduktionsmittel hat dabei jeweils so zu erfolgen, daß
die zu erzielende Beladungshöhe innerhalb der Zeit erreicht
wird, die der jeweils andere Reaktor mit Rauchgas beauf-
schlägt werden kann. Der Beladungsgrad des Adsorptions-
5 mittels kann z.B. über den Volumenstrom des Reduktions-
mittels bzw. dessen Konzentration im Reduktionsmittelge-
misch eingestellt werden.

Beispiel

10

Das Rauchgas einer trockenentaschten Steinkohlenfeuerung
weist hinter einer auf Kalkbasis arbeitenden Rauchgasent-
schwefelungsanlage und der Wiederaufheizung folgende Da-
ten aus:

15

Rauchgasvolumenstrom:	100.000 m ³ /h i.N.
Temperatur :	90 °C
Sauerstoffgehalt :	6,5 Vol. %
SO _x -Gehalt <	400 mg SO ₂ /m ³ i.N.
20 NO _x -Gehalt :	650 mg/m ³ i.N.
	(gerechnet als NO ₂)

- Der Wanderbettreaktor wird in diesem Beispiel zweistufig
ausgeführt, so daß in der 1. Stufe die hinter der Rauch-
25 gasentschwefelungsanlage enthaltenen SO₂-Reste nach dem
bekannten Verfahren an kohlenstoffhaltigen Adsorptionsmit-
teln abgeschieden werden. Das mit Schwefelsäure beladene
Adsorptionsmittel wird nach dem bekannten Verfahren ther-
misch regeneriert und am oberen Kopf des Reaktors wieder
30 aufgegeben.

- Der Wanderbettreaktor zur NO_x-Abscheidung, der mit Aktiv-
koks gefüllt ist, hat eine Anströmfläche von ca. 150 m²
und eine Schichttiefe von 2,0 m. Als Reduktionsmittel
35 wird Ammoniak verwendet, von dem stündlich 17,2 kg benötigt
werden. Die erforderliche Ammoniakmenge wird

- 1 a) entweder nur über den Aktivkoks in den Reaktor einge-
bracht, wobei stündlich 850 kg Aktivkoks aus der Vor-
beladungsstufe am oberen Kopf des Adsorbers aufgegeben
wird. Dieselbe Aktivkoksmenge wird am Adsorberfuß abge-
zogen und in die Vorbeladungsstufe eingeführt, in der
5 17,2 Kg pro Stunde an Ammoniak vom Aktivkoks adsorbiert
werden.
- b) im Verhältnis 1 : 1 sowohl über den Aktivkoks in den
Reaktor eingebracht, als auch durch Eindüsen von Ammo-
niak in das Rauchgas vor Reaktor. Die stündlich am
10 Adsorberfuß abgezogene Aktivkoksmenge beträgt 425 kg
und in das Rauchgas werden 8,6 kg Ammoniak pro Stunde
eingedüst.
- 15 Das auf diese Weise gereinigte Rauchgas enthält nach dem
Austritt aus dem Adsorptionsmittelreaktor in beiden Fällen
a) und b) an Stickoxiden 195 mg/m^3_n , gerechnet als NO_2 .
- 20 Im Fall a) beträgt der Gehalt an überschüssigem Ammoniak
im gereinigten Abgas $6,0 \text{ mg/m}^3_n$ und im Fall b) 10 mg/m^3_n .

25

30

35

1 STEAG Aktiengesellschaft
Bismarckstraße 54

4300 Essen 1

5 Stichwort: Vorbeladung

Az. 805

Verfahren zur Abscheidung von NO_x aus Gasen, insbesondere Rauchgasen

10

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abscheidung von NO_x aus Gasen, insbesondere Rauchgasen, bei dem das NO_x aus dem Rauchgas an einem festen Adsorptionsmittel, insbesondere Aktivkohle/Aktivkoks, unter Zugabe eines Reduktionsmittels, insbesondere Ammoniak, CO, Wasserstoff, katalytisch abgetrennt wird und bei dem das Adsorptionsmittel mehrmals hintereinander mit dem zu entstickenden Gas in Kontakt gebracht wird,

20

dadurch gekennzeichnet,

daß das Adsorptionsmittel mit zumindest einem Anteil an Reduktionsmittel vorbeladen und danach mit dem zu entstickenden Gasstrom in Berührung gebracht wird.

25

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

30

daß die Vorbeladung durch Zusammenführen eines Adsorptionsmittelstromes und eines Reduktionsmittelstromes in Gleichstrom, Gegenstrom oder Kreuzstrom oder durch Durchströmen eines ruhenden Adsorptionsmittelbetts mit dem Reduktionsmittel erfolgt.

35

1 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

5 daß das beladene Adsorptionsmittel in einen vorentschwefelten Rauchgasstrom eingebracht wird, der nach der Entschwefelung auf eine Temperatur von 60 °C - 180 °C, vorzugsweise 80 °C - 180 °C gebracht wird.

10 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3,

dadurch gekennzeichnet,

15 daß das vorbeladene Adsorptionsmittel einem Wanderbettreaktor aufgegeben wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3,

dadurch gekennzeichnet,

20

daß das vorbeladene Adsorptionsmittel einem Festbettreaktor aufgegeben wird.

25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 5,

26

dadurch gekennzeichnet,

30 daß das zu entstickende Abgas und das Reduktionsmittel zwei Adsorptionsmittelreaktoren aufgegeben wird derart, daß in einem die Abscheidung von NO_x und in dem anderen die Vorbeladung mit dem Reduktionsmittel erfolgt.

35 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 6,

36

dadurch gekennzeichnet,

daß zur Vorbeladung das Reduktionsmittel in Zumischung mit einem Verdünnungsgas verwendet wird.

1 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 7,

dadurch gekennzeichnet,

5 daß das bei der Vorbeladung überschüssige Reduktionsmittel im zu entstickenden Abgasstrom vor dessen Kontakt mit dem vorbeladenen Adsorptionsmittel zugesetzt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 8,

10

dadurch gekennzeichnet,

15 daß frisches Adsorptionsmittel zum Ausgleich des Abriebs dem Adsorptionsmittel bei Vorbeladung zugesetzt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 9,

dadurch gekennzeichnet,

20

25 daß die Vorbeladung des Adsorptionsmittels über die Feststoffverweilzeit mit dem Reduktionsmittel, die Konzentration des Reduktionsmittels im Beladungsgas und/oder die Temperatur in der Vorbeladungsstufe eingestellt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 10,

dadurch gekennzeichnet,

30

35 daß entsprechend der Menge der abzuscheidenden Stickoxide ein Anteil von 20 % - 100 %, vorzugsweise 50 % - 100 %, der erforderlichen Reduktionsmittelmenge in eine Vorbeladungsstufe eingeleitet und dort vom Adsorptionsmittel aufgenommen wird, während die verbleibenden Anteile an Reduktionsmittel von 80 % - 0 %, vorzugsweise 50 % - 0 %,

1 in das Abgas vor dessen Inberührungbringen mit dem
beladenen Adsorptionsmittel zugesetzt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 11,

5

dadurch gekennzeichnet,

daß das Molverhältnis vom insgesamt verwendeten Re-
duktionsmittel zum abgeschiedenen Stickoxid im Falle
10 der Verwendung von Ammoniak als Reduktionsmittel zwi-
schen 0,9 und 1,2 liegt.

13. Anlage zur Abscheidung von NO_x gemäß dem Verfahren
nach einem der Ansprüche 1 - 12 mit einem Adsorptions-
15 mittelreaktor,

dadurch gekennzeichnet,

daß dem Adsorptionsmittelreaktor ein Vorbeladungsge-
20 fäß vorgeschaltet ist, der mit einem Reduktionsmittel-
vorrat zur Vorbeladung des Adsorptionsmittels verbun-
den ist.

25

30

35

Fig.1

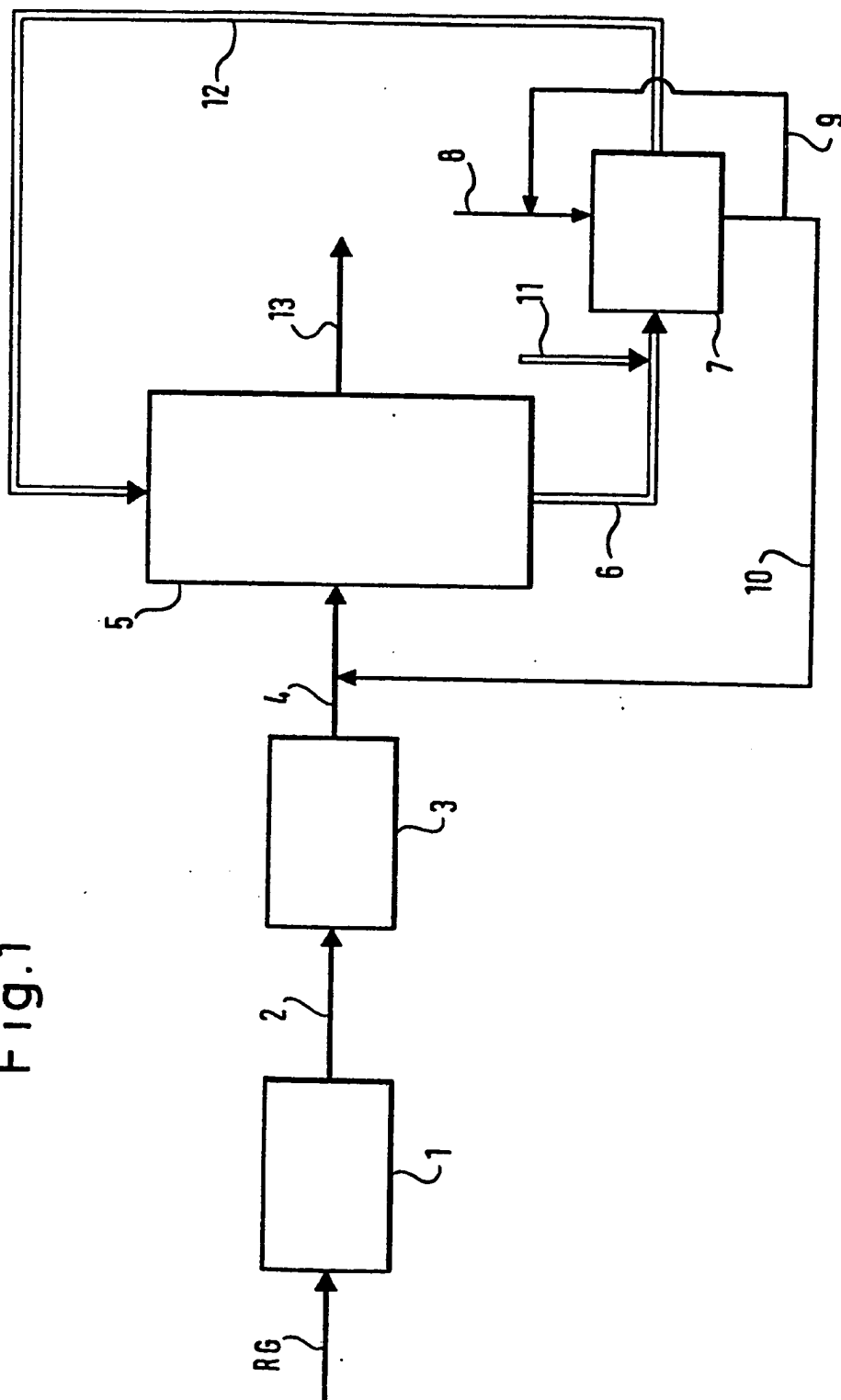


Fig. 2

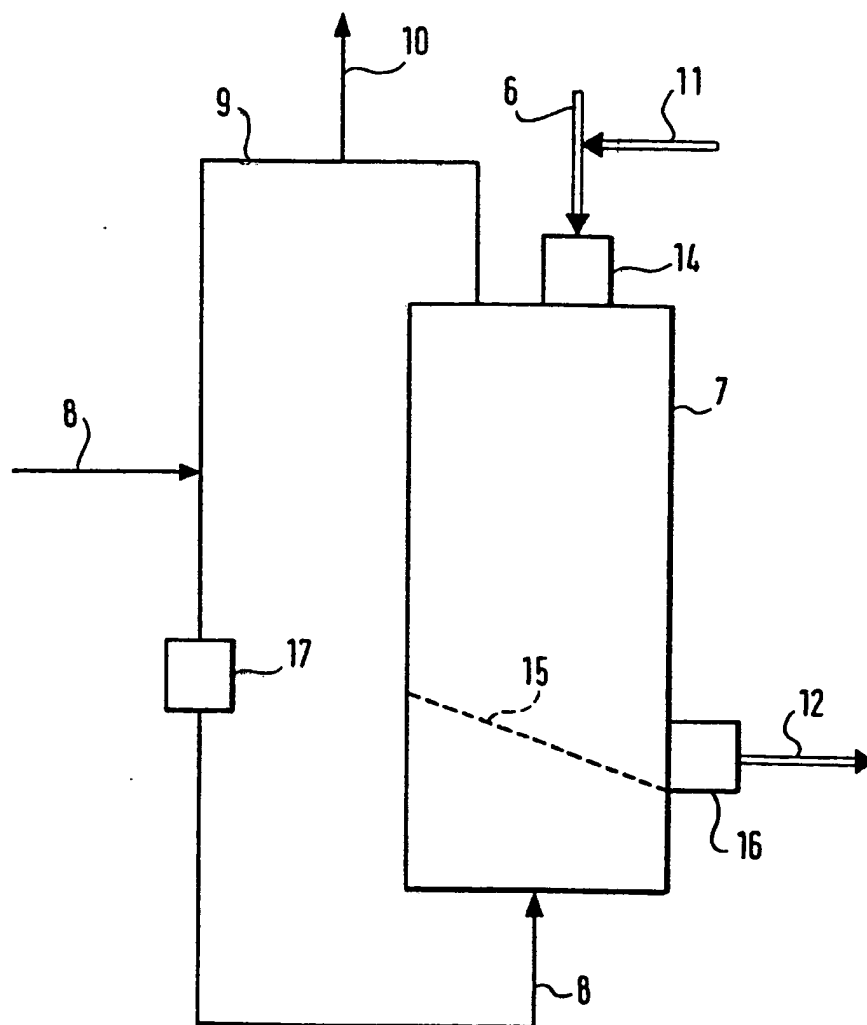


Fig. 3

